

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

LEGAL
STATUS

1 / 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-177142
 (43)Date of publication of application : 29.06.2001

(51)Int.Cl. H01L 31/10

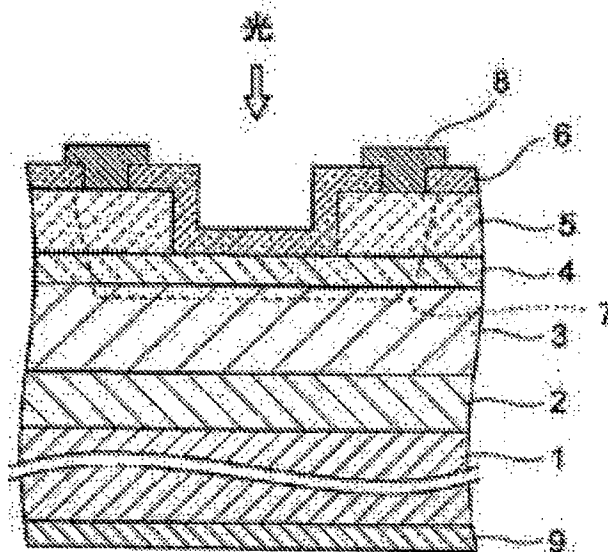
| | | | |
|--------------------------|------------|-----------------|--|
| (21)Application number : | 11-357772 | (71)Applicant : | HAMAMATSU PHOTONICS KK |
| (22)Date of filing : | 16.12.1999 | (72)Inventor : | KITATANI YOSHIYUKI SAKATA SEIJI MAKINO KENJI TANAKA AKIMASA |

(54) PHOTODETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a photodetector using a heterojunction of a compound semiconductor which is suppressed with distortion in a heterojunction interface caused by the difference in a coefficient of thermal expansion and has a high photo sensitivity at the short wavelength side.

SOLUTION: The photodetector is formed by depositing compound semiconductors in layers. It consists of a light absorbing layer 3 which absorbs incident light and converts it into an electric signal, a caplayer 4 grown on the light incident side of the light absorbing layer 3, and a contact layer 5 which is formed in the periphery of the incident light receiving surface of the caplayer 4 and is made of the same material as that of the light absorbing layer 3 and is thicker than the caplayer 4. By heavily doping impurities in a part of the light absorbing layer 3 which is near an interface with the caplayer 4 and in the cap layer 4 and the contact layer 5, a heavily doped impurity region 7 is formed. As a result, distortion in



the heterojunction interface between the caplayer 4 and the light absorbing layer 3 and between the caplayer 4 and the contact layer 5, which is caused by the difference in a coefficient of thermal expansion between the constituent materials, can be suppressed.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-177142
(P2001-177142A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 L 31/10

識別記号

F I
H 0 1 L 31/10

テーマコード* (参考)
A 5 F 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-357772

(22) 出願日 平成11年12月16日 (1999.12.16)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 北谷 佳之

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 坂田 成可

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

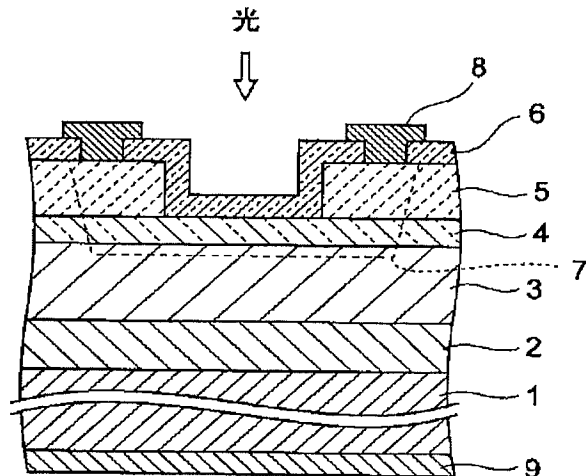
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受光素子

(57) 【要約】

【課題】 熱膨張係数の違いによるヘテロ接合界面の歪みが抑制された短波長側の受光感度が高い化合物半導体のヘテロ接合を用いた受光素子を提供する。

【解決手段】 化合物半導体を積層して形成される受光素子であって、入射光を吸収して電気信号に変換する光吸収層3と、光吸収層3の入射光の入射側に成長されたキャップ層4と、キャップ層4の入射光の受光面の周辺に形成され、光吸収層3と同じ材料からなるキャップ層4よりも厚いコンタクト層5とを備え、光吸収層3のキャップ層4との界面近傍と、キャップ層3およびコンタクト層5に不純物が高濃度にドーピングされることにより高濃度不純物領域7が形成されていることを特徴とする。これにより、構成する材料の熱膨張係数の差によるキャップ層4と光吸収層3およびコンタクト層5とのヘテロ接合界面における熱膨張係数の差による歪みを抑制することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体を積層して形成される受光素子であって、

入射光を吸収して電気信号に変換する光吸収層と、
前記光吸収層の前記入射光の入射側に形成され、前記光吸収層よりエネルギーバンドギャップの大きいキャップ層と、

前記キャップ層の前記入射光の受光面の周辺に形成され、前記光吸収層と同じ材料からなる前記キャップ層よりも厚いコンタクト層とを備え、前記光吸収層の前記キャップ層との界面近傍と、前記キャップ層および前記コンタクト層とに不純物が高濃度にドーパされることにより高濃度不純物領域が形成されていることを特徴とする受光素子。

【請求項2】 前記コンタクト層上に形成された前記キャップ層と同じ材料からなる保護層を更に備え、前記高濃度不純物領域が前記コンタクト層から前記保護層に連続するように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の受光素子。

【請求項3】 前記キャップ層の厚さが0.1 μm 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の受光素子。

【請求項4】 前記コンタクト層の厚さが前記キャップ層の5倍以上であることを特徴とする請求項1から請求項3いずれか1項に記載の受光素子。

【請求項5】 前記コンタクト層の厚さが前記キャップ層の1.5倍以下であることを特徴とする請求項1から請求項4いずれか1項に記載の受光素子。

【請求項6】 前記光吸収層および前記コンタクト層がInGaAsからなり、前記キャップ層がInPからなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の受光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、化合物半導体のヘテロ接合を用いた受光素子に係り、特に詳細には、入射光の受光面に薄いキャップ層を設けた受光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】化合物半導体のヘテロ接合を用いた受光素子としてPINフォトダイオード（以下、PD）が知られており、その断面構造を図4、図5および図6に示す。図4および図5に示すPDは、特許第2844097号公報に開示されており、n型InGaAsからなる光吸収層3の入射光が入射する側に、n型InPからなるキャップ層4をエピタキシャル成長させ、入射光の受光領域において、エッチングによりキャップ層4の厚さを0.1 μm 以下に薄くすることにより、短波長側の光に対して高い感度を有するようにしている。また、図6に示すPDは、特公平2-231775号公報に開示

されており、特許第2844097号公報に開示されているPDと同様に、光吸収層3の入射光が入射する側に、厚さ0.1 μm 以下のキャップ層4をエピタキシャル成長させることにより、短波長側の光に対して高い感度を有するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図6に示すPDの場合、キャップ層4が非常に薄いため、キャップ層4と光吸収層3の熱膨張係数の差による歪みの応力によりキャップ層4が耐え得なくなるといった問題があった。また、図4および図5に示すPDの場合、入射光の受光領域においてキャップ層4をエッチングし、段差構造とした部分に熱膨張係数の差による歪みが集中してしまい、更に、図5に示すPDの場合、キャップ層4とInGaAsからなるコンタクト層10の界面にも熱膨張係数の差による歪みが生じてしまうといった問題があった。

【0004】そこで本発明は、化合物半導体のヘテロ接合を用いたヘテロ接合界面の歪みを抑制することができ、これにより短波長側の光に対する受光感度を高くすることが可能な受光素子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の受光素子は、化合物半導体を積層して形成される受光素子であって、入射光を吸収して電気信号に変換する光吸収層と、光吸収層の入射光の入射側に成長され、光吸収層よりエネルギーバンドギャップの大きいキャップ層と、キャップ層の入射光の受光面の周辺に形成され、光吸収層と同じ材料からなるキャップ層よりも厚いコンタクト層とを備え、光吸収層のキャップ層との界面近傍と、キャップ層およびコンタクト層に不純物が高濃度にドーパされることにより高濃度不純物領域が形成されていることを特徴とする。

【0006】このように、本発明の受光素子によれば、光吸収層とコンタクト層が同一材料で形成され、それぞれの膜厚はキャップ層よりも厚く、その構造がキャップ層を挟み込んだサンドイッチ構造となっているため、熱膨張係数の差によるキャップ層への歪みの影響を抑制できる。また、キャップ層の膜厚の制御は、例えばエピタキシャル成長時に行なうことができるため、膜厚の制御性がよく、均一な膜厚のキャップ層が得られる。更に、コンタクト層が厚く成長されているため、受光素子の受光領域に対して横方向からの入射光がコンタクト層で吸収されることにより、横方向からの漏れ電流を抑制することができる。

【0007】また、本発明の受光素子は、コンタクト層上に成長されたキャップ層と同じ材料からなる保護層を更に備え、高濃度不純物領域がコンタクト層から保護層に連続するように形成されていることを特徴としてもよい。コンタクト層と反射防止膜との間にコンタクト層よりもエネルギーギャップの大きい保護層が挿入されてい

るため、表面再結合電流を抑制でき、暗電流を小さくすることができる。また、本発明の受光素子は、キャップ層の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴としてもよい。キャップ層の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以下であることにより、短波長側の受光感度をより高くすることができる。

【0008】また、本発明の受光素子は、コンタクト層の厚さがキャップ層の5倍以上であることを特徴としてもよい。コンタクト層の厚さがキャップ層の5倍以上であることにより、キャップ層への歪みの影響をより抑制できる。

【0009】さらに、本発明の受光素子は、コンタクト層の厚さがキャップ層の15倍以下であることを特徴としてもよい。コンタクト層の厚さがキャップ層の15倍以下であることにより、受光素子の特性を劣化させることなく、キャップ層への歪みの影響をより抑制できる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明に係る実施形態について説明する。ただし、同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0011】図1に、第1実施形態に係る受光素子の断面図を示す。第1実施形態に係る受光素子は、 n^+ 型InPからなる基板1と、基板1表面に成長された膜厚が $0.5\sim 2\mu\text{m}$ の n -型または n 型InPからなるバッファ層2と、バッファ層2上に成長された膜厚が $1.5\sim 4\mu\text{m}$ の n -型InGaAsからなる光吸収層3と、光吸収層3上に成長された膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 以下の光吸収層3よりもバンドギャップの大きい n -型InPからなるキャップ層4と、キャップ層4上の例えば $\phi 1\text{mm}$ 程度の大きさの受光領域周辺に形成された膜厚が $0.4\sim 0.6\mu\text{m}$ （ただし、キャップ層4の5倍から15倍、最適は10倍）の n -型InGaAsからなるコンタクト層5とを備えている。ここで、 n -型 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ からなる光吸収層3およびコンタクト層5の組成比 x は、GaAsに格子整合する $x=0.53$ を含む $x=0.5\sim 0.6$ の範囲である。

【0012】更に、第1実施形態に係る受光素子は、キャップ層4上およびコンタクト層5の露出表面に形成されたSiNからなる反射防止膜6と、光吸収層3のキャップ層4との界面近傍と、キャップ層4およびコンタクト層5とにZnが高濃度にドーピングされることにより形成された p^+ 型の高濃度不純物領域7と、コンタクト層5上に形成された p 型オーミック電極である電極8と、基板1裏面に形成された n 型オーミック電極である電極9とを備えている。ここで、電極8の材料は、例えばCr/AuまたはAuZn/Auであり、電極9の材料は、例えばAuGe/Ni/Auである。

【0013】図1に示される第1実施形態に係る受光素子の構造によれば、光吸収層3とコンタクト層5が同一材料で形成され、コンタクト層5はキャップ層4の膜厚よりも5～15倍の厚さである。また、キャップ層4

は、光吸収層4とコンタクト層5によってサンドイッチ構造とされており、更に、受光領域が $\phi 1\text{mm}$ 程度の大きさであるため、熱膨張係数の差によるInPからなるキャップ層4とInGaAsからなる光吸収層3およびコンタクト層5とのヘテロ界面での歪みが抑制される。

【0014】また、キャップ層4の膜厚の制御は、結晶成長時に行うことができるため、膜厚の制御性がよく、厚さ $0.1\mu\text{m}$ 以下の均一なキャップ層4が得られる。そのため、受光素子作製の歩留まりもよい。また、電極8が膜厚の厚いコンタクト層5上に形成されるため、スパイクによる特性劣化の心配がない。また、InPよりも導電性がよいInGaAsからなるコンタクト層5上に電極8が形成されているため、応答特性にも優れている。

【0015】更に、コンタクト層5が厚く成長されているため、受光素子の受光領域に対して横方向からの入射光がコンタクト層5で吸収されることにより、横方向からの漏れ電流を抑制することができる。また、キャップ層4への直接のZnのドーピングは制御が難しいが、コンタクト層5を介してのZnのドーピングは比較的制御が容易であり、薄いキャップ層4へのZnのドーピングを制御よく行うことができる。

【0016】ここで、図1を参照して、第1実施形態に係る受光素子の作製方法について説明する。まず、基板1表面に、バッファ層2、光吸収層3、キャップ層4、コンタクト層5を順次エピタキシャル成長させる。次に、拡散保護層であるSiNなどをプラズマCVDなどによってコンタクト層5上に形成し、高濃度不純物領域7を形成するためのZnドーピングの窓となる領域のSiNを除去する。そして、その領域にZnをドーピングすることによって、高濃度不純物領域7を形成する。次に、拡散防止膜であるSiNを除去し、受光領域を形成したい領域以外にフォトリソなどのマスクを形成する。そして、選択性エッチャント（例えば、 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=3:1:1$ ）によるエッチングを行うことにより受光領域に対応する領域のコンタクト層5を除去し、受光領域のキャップ層4を露出させる。次に、プラズマCVDなどによって、キャップ層4およびコンタクト層5の露出表面に反射防止膜6を形成する。そして、コンタクト層5の表面に形成された反射防止膜6に、電極形成用の穴部を形成し、穴部に電極8を形成する。次に、基板1裏面に電極9を形成する。これより、第1実施形態に係る受光素子が作製される。

【0017】なお、第1実施形態はこれに限られるものではない。第1実施形態にかかる受光素子の作製方法において、コンタクト層5をキャップ層4上に結晶成長し、受光領域に対応する領域のコンタクト層5を選択エッチングによって除去することにより、受光領域に対応する領域のキャップ層4を露出させたが、キャップ層4上の受光領域以外の領域にコンタクト層5を選択成長す

10

20

30

40

50

ることにより、受光領域に対応する領域のキャップ層4を露出させてもよい。

【0018】次に、図2に、第2実施形態に係る受光素子の断面図を示す。図2に示すように、第2実施形態に係る受光素子の第1実施形態に係る受光素子との構造の違いは、コンタクト層5上に膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 以下の n -型 InP からなる保護層10が形成されている点のみである。

【0019】図2に示す第2実施形態に係る受光素子の構造によれば、コンタクト層5と反射防止膜6との間にコンタクト層5よりもエネルギーギャップの大きい保護層10が挿入されているため、表面再結合電流を抑制でき、暗電流を小さくすることができる。

【0020】また、図2に示される第2実施形態に係る受光素子の構造によれば、光吸収層3とコンタクト層5が同一材料で形成され、コンタクト層5はキャップ層4の膜厚よりも5～15倍の厚さである。また、キャップ層4は、光吸収層4とコンタクト層5によってサンドイッチ構造とされており、更に、受光領域が $\phi 1\text{mm}$ 程度の大きさであるため、熱膨張係数の差による InP からなるキャップ層4と InGaAs からなる光吸収層3およびコンタクト層5とのヘテロ界面での歪みが抑制される。

【0021】更に、コンタクト層5を厚くエピタキシャル成長しているため、受光素子の受光領域に対して横方向からの入射光がコンタクト層5で吸収されることにより、横方向からの漏れ電流を抑制することができる。

【0022】第2実施形態に係る受光素子の作製方法には、第1実施形態の受光素子の作製方法に、コンタクト層5上に保護層10を成長する工程と、高濃度不純物領域7形成後に入射光の受光領域に対応する保護層10の領域を除去する工程とが加えられる。なお、第1実施形態の受光素子作製方法においては、受光領域を形成するための選択エッチャントによるコンタクト層5の除去するプロセスで、受光領域以外に形成されているフォトレジスト等のマスクがエッチャントに溶解し、受光領域が大きくなってしまう可能性がある。しかし、第2実施形態の受光素子の構造において、コンタクト層5上に保護層10が設けられているため、選択エッチャントに溶解しない InP からなる保護層10をマスクとして選択エッチングを行うことにより、受光領域の拡大を防ぐことができ、受光領域の面積が正確に制御された受光素子を得ることができる。

【0023】なお、第2実施形態はこれに限られるものではない。第2実施形態にかかる受光素子の作製方法において、コンタクト層5および保護層10をキャップ層4上に結晶成長し、受光領域に対応した領域を除去した保護層10をマスクとし、受光領域に対応する領域のコンタクト層5を選択エッチングによって除去することにより、受光領域に対応する領域のキャップ層4を露出さ

せたが、キャップ層4上の受光領域以外の領域にコンタクト層5および保護層10を選択成長することにより、受光領域に対応する領域のキャップ層4を露出させてもよい。

【0024】図3に、第3実施形態に係る受光素子の断面図を示す。第3実施形態に係る受光素子は、 n^+ 型 GaSb からなる基板11と、基板11表面に成長された膜厚が $1\mu\text{m}$ 以上の GaSb からなるバッファ層12と、バッファ層12上に成長された膜厚が $2\mu\text{m}$ 以上の n -型 InAsSb からなる光吸収層13と、光吸収層13上に成長された膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 以下の光吸収層13よりもバンドギャップの大きい n -型 GaSb からなるキャップ層14と、キャップ層14上の例えば $\phi 1\text{mm}$ 程度の大きさの受光領域周辺に形成された膜厚が $1\mu\text{m}$ 以下（ただし、キャップ層14の5倍から15倍、最適は10倍）の n -型 InAsSb からなるコンタクト層15とを備えている。ここで、 n -型 $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ からなる光吸収層13およびコンタクト層15の組成比 x は、 GaSb に格子整合する $x=0.089$ を含む $x=0\sim 0.192$ の範囲である。

【0025】さらに、第3実施形態に係る受光素子は、キャップ層14上およびコンタクト層15上に形成された SiN からなる反射防止膜16と、光吸収層13のキャップ層14との界面近傍と、キャップ層14およびコンタクト層15に Zn が高濃度にドーピングされることにより形成された p^+ 型の高濃度不純物領域17と、コンタクト層15上に形成された p 型オーミック電極である電極18と、基板11裏面に形成された n 型オーミック電極である電極19とを備えている。ここで、電極18の材料は、例えば Ti/Pt または Cr/Au であり、電極19の材料は、例えば Sn/Pt である。

【0026】図3に示される第3実施形態に係る受光素子の構造によれば、光吸収層13とコンタクト層15が同一材料で形成され、コンタクト層15はキャップ層14の膜厚よりも5～15倍の厚さである。また、キャップ層14は、光吸収層14とコンタクト層15によってサンドイッチ構造とされており、更に、受光領域が $\phi 1\text{mm}$ 程度の大きさであるため、熱膨張係数の差による GaSb からなるキャップ層14と InAsSb からなる光吸収層13およびコンタクト層15とのヘテロ界面での歪みが抑制される。

【0027】更に、キャップ層14の膜厚の制御は、結晶成長時に行うことができるため、膜厚の制御がよく、厚さ $0.1\mu\text{m}$ 以下の均一なキャップ層14が得られる。そのため、受光素子作製の歩留まりもよい。また、電極18が膜厚の厚いコンタクト層15上に形成されるため、スパイクによる特性劣化の心配がない。また、 GaSb よりも導電性がよい InAsSb からなるコンタクト層15上に電極18が形成されているため、応答特性にも優れている。また、コンタクト層15を厚くエピ

10

20

30

40

50

タキシャル成長しているため、受光素子の受光領域に対して横方向からの入射光がコンタクト層15で吸収されることにより、横方向からの漏れ電流を抑制することができる。

【0028】第3実施形態の受光素子の作製方法であるが、第1実施形態と材料が違うのみで作製方法は同じであるので、説明は省略する。ただし、第3実施形態において、選択エッチャントには $\text{HF} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 1 : 8$ を用いている。

【0029】第3実施形態に係る受光素子は、第1および第2実施形態に示した受光素子に比べ、エネルギーバンドギャップが小さい材料で構成されており、より長波長側の光に対して受光感度をもつ受光素子となる。

【0030】なお、第3実施形態はこれに限られるものではない。例えばコンタクト層15上にGaSbからなる保護層を設けてもよい。保護層を設けることにより、選択エッチャントに溶解しないGaSbからなる保護層をマスクとして選択エッチングを行うことが可能で、受光領域の拡大を防ぐことができ、受光領域の面積が正確に制御された受光素子を得ることができる。また、第3実施形態にかかる受光素子の作製方法において、コンタクト層15をキャップ層14上に結晶成長し、受光領域に対応する領域のコンタクト層15を選択エッチングによって除去することにより、受光領域のキャップ層14を露出させたが、キャップ層14上の受光領域以外の領域にコンタクト層15を選択成長することにより、受光領域のキャップ層4を露出させてもよい。

【0031】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の

受光素子によれば、光吸収層とコンタクト層が同一材料で形成され、それぞれの膜厚はキャップ層のよりも厚く、その構造がキャップ層を挟み込んだサンドイッチ構造となっているため、熱膨張係数の差によるキャップ層への歪みの影響を抑制できる。これにより、短波長側の光に対して高い感度を有する受光素子を得ることができる。また、コンタクト層が厚く成長されているため、受光素子の受光領域に対して横方向からの入射光がコンタクト層で吸収されることにより、横方向からの漏れ電流を抑制することができる。これにより、従来よりも優れた受光特性の受光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係る受光素子の断面図である。

【図2】第2実施形態に係る受光素子の断面図である。

【図3】第3実施形態に係る受光素子の断面図である。

【図4】従来のPINフォトダイオードの断面図である。

【図5】従来のPINフォトダイオードの断面図である。

【図6】従来のPINフォトダイオードの断面図である。

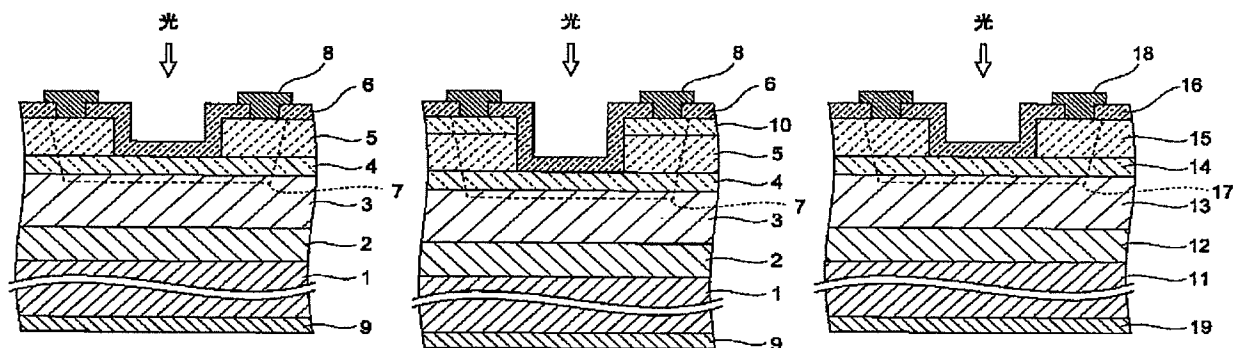
【符号の説明】

1…基板、2…バッファ層、3…光吸収層、4…キャップ層、5…コンタクト層、6…反射防止膜、7…高濃度不純物領域、8…電極、9…電極、10…保護層、11…基板、12…バッファ層、13…光吸収層、14…キャップ層、15…コンタクト層、16…反射防止膜、17…高濃度不純物領域、18…電極、19…電極

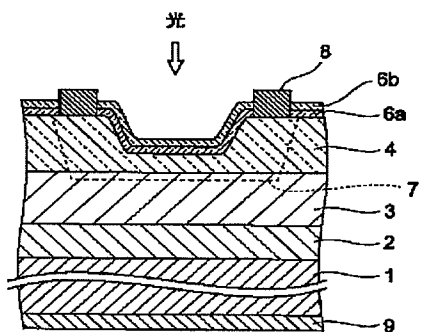
【図1】

【図2】

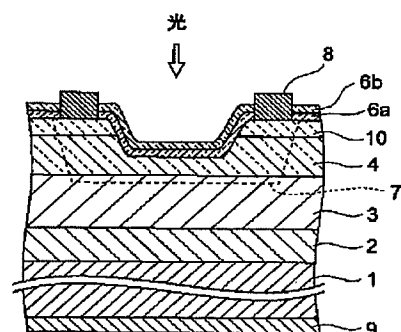
【図3】



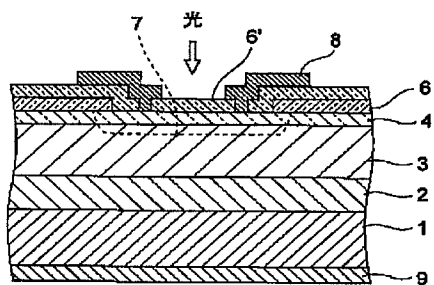
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 牧野 健二
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72)発明者 田中 章雅
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

Fターム(参考) 5F049 MA03 MB07 NA01 NA05 NA13
NA20 PA14 QA17 SE05 SS04
SZ03